

## ANALISA KOROSI PIPA SOLAR MESIN DIESEL DI SEBUAH PT.X

Syafrizal

Prodi Teknik Mesin Politeknik Enjinering Indorama  
Jl. Kembang Kuning Ubruk Purwakarta, Jawa Barat  
e-mail : [saf\\_89@yahoo.com](mailto:saf_89@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Telah terjadi korosi yang menimbulkan kebocoran pipa di Jakarta pusat dikarenakan pipa mengalami korosi, terkikis dan berlobang. Pipa bersentuhan dengan tanah cukup lembab dan diketahui tanah sekitar pipa memiliki kandungan garam dan ion  $Cl^-$  yang dikenal cukup agresif, sehingga laju korosi pada pipa dapat terjadi lebih cepat. Lingkungan instalasi pipa sangat dekat dengan jalan raya dan bergetar, permukaan pipa lebih cepat terkikis, menipis dan berlobang seperti yang diperlihatkan pada gambar 2. Hasil pengukuran bahwa area kebocoran pipa (11 x 11,3)mm, karena minyak solar juga mengandung sulfur cukup tinggi sehingga membentuk larutan asam sulfat dengan air, asam sulfat dapat mempercepat laju korosi pada pipa baja. Untuk mencegah kejadian serupa maka telah diusulkan disain konstruksi pipa dengan tumpuan yang memungkinkan untuk sebuah solusi, karena dapat mencegah gesekan permukaan pipa dengan tanah dan mencegah reaksi garam dengan pipa. Penambahan biaya konstruksi pipa dengan tumpuan sekitar 5%, hal ini bukanlah angka yang besar jika dibandingkan dengan umur pakai. Secara keseluruhan 3 faktor disain tersebut lebih menguatkan bahwa pengembangan disain konstruksi pipa perlu dilakukan sehingga pipa lebih aman dari efek teknis dan korosi lingkungan, serta umur pakai pipa dapat lebih lama.*

**Kata kunci:** Pipa solar, korosi, dan mesin diesel

*Corrosion has occurred causing pipe leaks in the central Jakarta due to pipeline corrosion, eroded and hollow. Pipe contact with the soil moderately moist soil and is known around the pipe has a salt content and  $Cl^-$  ions are known to be quite aggressive, so that the rate of corrosion in the pipes can occur more quickly. Pipe installation environment very close to the highway and vibrating, the pipe surface more quickly eroded, thinned and hollow as shown in Figure 2. The results of measurements that pipeline leak area (11 x 11.3) mm, because it also contains sulfur fuel oil is high enough thus forming sulfuric acid solution with water, sulfuric acid may accelerate the corrosion rate of the steel pipe. To prevent similar incidents that have been proposed construction of a pipeline with a pedestal design that allows for a solution, because it can prevent the friction surface of the pipe with soil and prevent the reaction of salt with a pipe. The incremental cost of pipeline construction with a footstool around 5%, this is not a large number when compared with the service life. Overall 3 design factors that substantiates that the development of the design construction of the pipeline needs to be done so that the pipeline is safe from the effects of technical and environmental corrosion, as well as the lifespan of the pipe can be longer.*

**Keywords :** Pipe solar , corrosion , and diesel engines

### Pendahuluan

Pipa galvanis lazim digunakan untuk penyaluran bahan bakar minyak seperti bensin, dan minyak solar, karena dapat menahan beban aliran minyak cukup tinggi dan dapat bekerja pada temperature tinggi serta dapat terhindar dari bahaya kebakaran lingkungan sekitar. Kelemahan pipa jenis ini adalah mudah terserang korosi jika pipa berada diruang terbuka dan atmosfer.

Pembahasan kebocoran pipa dimana pipa mengalami korosi, pipa bersentuhan langsung dengan tanah dan bergesekan dengan permukaan tanah menyebabkan lapisan galvanis pipa terkelupas. Bagian yang terkelupas mengalami oksidasi secara terus-menerus dari lingkungan yang dianggap kontaminan terhadap pipa, atmosfer dan tanah disekitar pipa bersifat korosif.

Tanah sekitar pipa memiliki kandungan garam  $Cl^-$  yang agresif terhadap baja.

Gesekan permukaan pipa dianggap sebagai awal merusakkan pipa, maka perlu pengembangan disain konstruksi dengan maksud merubah instalasi yang tidak lagi menyentuh tanah, dengan memberi tumpuan pada jarak-jarak tertentu disepanjang pipa. kondisi seperti ini lebih baik karena pipa tidak lagi mengalami pergesekan dengan tanah yang dapat menyebabkan terkelupasnya lapisan pelindung pipa dan dari sisi perawatan pipa akan lebih mudah teramati.

### Dasar Teori

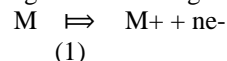
Korosi adalah kehendak alam dan tidak bisa dicegah, namun laju korosi dapat dihambat. Korosi yang terjadi pada logam dipengaruhi oleh sifat logam yang menjadi komposisi pembentuknya. Korosi dapat terjadi terhadap logam ferrous dan non ferrous, hal ini disebabkan oleh reaksi elektrokimia pada material tersebut.

Sebagian besar peristiwa korosi terjadi diakibatkan reaksi elektrokimia, karena logam memiliki elektron bebas yang mampu menimbulkan sel elektrokimia pada skala kecil di dalam logam itu sendiri. Sebagian logam akan terkorosi di dalam air dan atmosfer terbuka, sehingga semua lingkungan dapat dikatakan korosif pada skala tertentu

Kecepatan korosi tergantung pada beberapa aspek, diantaranya; temperatur, konsentrasi reaktan, produk dan korosi itu sendiri, tegangan mekanik, dan erosi akibat gesekan.

Korosi dapat terjadi karena adanya 4 faktor, yaitu : Anoda, Katoda, Arus Listrik, dan Elektrolit.

1. Anoda <sup>[1][9]</sup> : Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi, dimana elektron akan terlepas dari logamnya, dan bersifat anodik, dengan reaksi sebagai berikut :



(1)

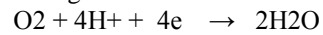


(2)

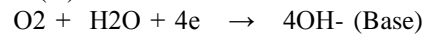
2. Katoda <sup>[2][9]</sup> : Pada katoda terjadi reaksi reduksi, bagian dari logam yang tidak larut atau tidak terkorosi. Pada katoda terjadi penangkapan electron oleh air atau oksigen melalui reaksi/proses reduksi. Mekanisme reaksi reduksi adalah :  $2H_2O$

+  $O_2 + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$  yang terjadi di daerah Katoda, dengan reaksi melalui 2 proses, yaitu :

- Oksigen reduksi :

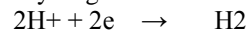


(3 )



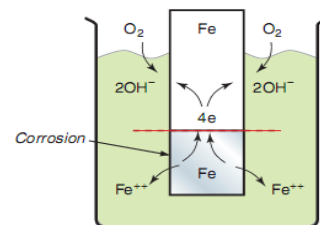
(4 )

- Hydrogen evolution



(5 )

Reaksi oksidasi, reduksi pada logam di lingkungan air dapat terlihat pada gambar 1. dimana redoks tersebut adalah menghasilkan produk korosi.



Gambar 1. A corrosion cell created by differential access to oxygen. <sup>[9]</sup>

3. Arus listrik : peristiwa korosi yang sama dengan Arus listrik dan terjadi bila logam melakukan pelepasan elektron maupun melakukan reaksi pembentukan/ikatan dengan atom lain, contoh:  
 $Fe^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons Fe^{2+}$ , hasil +0,77 Volt (6 )
4. Elektrolit: adalah larutan yang mampu menghasilkan ion-ion, seperti contohnya  $CuSO_4$  akan menjadi  $Cu^{2+}$  dan  $SO_4^{2-}$

### Jenis Korosi

Secara garis besar korosi ada dua jenis yaitu :

1. Korosi Internal  
korosi yang terjadi akibat adanya kandungan  $CO_2$  dan  $H_2S$  pada minyak bumi, sehingga jika terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.
2. Korosi Eksternal  
yaitu korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat

adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah.

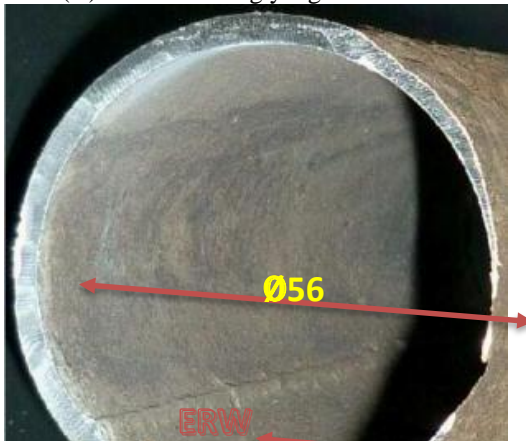
### Metode Penelitian

#### 1. Pengukuran

Dilakukan terhadap bagian pipa yang rusak untuk mengetahui besar kerusakan yang ditimbulkan oleh korosi seperti yang diperlihatkan pada gambar 2, sebagai berikut ini:



(a). Ukuran lobang yang terbentuk



(b) Ukuran pipa dalam & ERW



(c) bentuk mikro ERW

Gambar 2. Photo pipa solar bahan bakar Mesin Diesel diameter Ø 2 inch

#### 2. Pengujian Metallografi

Bertujuan untuk mengetahui susunan struktur mikro yang ada pada material, dapat mengetahui sifat fisik dan karakteristik material tersebut.

Berdasarkan jenis fassa dan bentuk kristal yang ada, maka diketahui material tergolong pada jenis material yang lunak, ulet, keras atau getas.

#### 3. Pengujian kekerasan

Bertujuan untuk riset karakteristik suatu material baru dan sebagai cek mutu, untuk memastikan bahwa contoh material tersebut menemukan spesifikasi kualitas tertentu. Beberapa pengujian kekerasan yang dilakukan dan salah satunya dengan menggunakan skala vickers Angka kekerasan Vickers dihitung dengan rumus sbb. :

$$HV = (2p \sin (\alpha/2) )/d^2 = 1.854 P/d^2$$

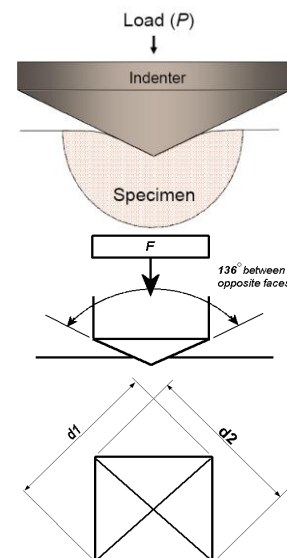
dimana :

P = gaya tekan ( kg )

d =diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

$\alpha$  = sudut puncak indenter = 136°

Sketsa pengujian vickers dapat dilihat pada gambar 3, sebagai berikut:



Gambar 3. Sketsa Pengujian Vickers

#### 4. Pengujian Komposisi Kimia Material Pipa

Bertujuan untuk mengetahui jenis kandungan dan prosentasi unsur di dalam material logam. Pengujian ini sekurang-kurangnya meliputi unsur utama yakni, besi (Fe), karbon (C), sulfur (S), mangan (Mn), molybdenum (Mo), nikel (Ni), chrom (Cr), dan silicon (si). Alat yang

digunakan untuk pemeriksaan komposisi kimia adalah ARC.Spectrometer

5. Pengujian Fraktografi

Bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat material. Pengujian fraktografi terdiri dari dua metode yaitu pemeriksaan makro fraktografi dengan menggunakan mikroskop optic dan scanning electron microscope (SEM).

6. Pengujian Komposisi Kimia Tanah

Untuk mengetahui berapa besar pengaruh tanah sekitar pipa, sehingga dapat memberikan efek secara kimia terhadap merusakkan pipa baja, seperti kandungan kadar air, kandungan garam, sulfur dan lain-lain. Pengujian komposisi kimia tanah menggunakan scanning electron microscope (SEM).

**Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Dari 6 kriteria pengujian yang dilakukan maka diperoleh suatu hasil :

**Hasil pengukuran:**

Material pipa terbuat dari Baja karbon rendah lapisan galvanis dengan type Electric Resistance Weld (ERW) (A 135 ASTM Standar). Ukuran aktual pipa yang masih utuh diameter luar 61,5 mm, pada bagian yang mengalami penipisan akibat korosi berdiameter 56 mm, tebal pipa 3,5 mm, dan daerah yang bocor dengan ukuran (11,3 mm x 11 mm). Pipa mengalami penipisan dari diameter luar akibat serangan korosi dan bocor pada posisi jam 06.00, dimana pipa tepat bersentuhan dengan tanah.

1. Pengujian kekerasan

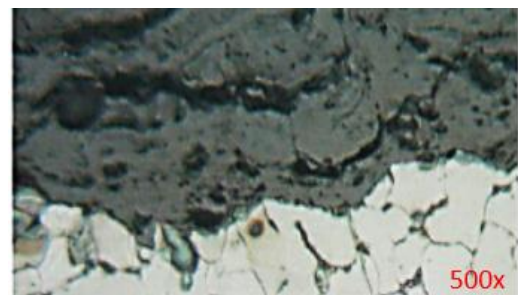
Pengujian pipa dilakukan di tiga lokasi berbeda, masing –masing 6 titik pengujian kekerasan. Sample 1 dilakukan di daerah sekitar lobang, sample 2 dilakukan di daerah penipisan, dan sample 3 di daerah lasan dan HAZ. Variasi kekerasan pipa seperti yang ditunjukkan pada table 1, sebagai berikut ini:

Table1. Nilai Kekerasan, HV

No	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3 (ERW)
1	129	135	147
2	125	134	165
3	127	132	145
4	126	133	144
5	131	133	143
6	128	137	147

Dari ketiga saple yang diambil menunjukkan daeral lobang pada sample 1 kekerasan material uji lebih rendah jika dibanding dengan dua sample lainnya yaitu sample 2 dan 3, Pada sample 3 kekerasan pipa paling tinggi dari dua sample sebelumnya, disamping kondisi ketebalan dinding pipa masih utuh juga diperkirakan daerah lasan adanya pengerasan regangan dan timbulnya tegangan sisa pada waktu proses pengelasan

2. Pengujian Metallografi ( Struktur Mikro )  
Dilakukan di tiga titik sample seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Struktur mikro berupa ferit – perlit dan bentuk serangan korosi merata pada diameter luar. Etsa: nital 2%



Gambar 5. Struktur mikro dgn perbesaran pada sambungan las ERW berupa ferit-perlit Dan Bentuk serangan korosi celah

dari tiga sample pengujian yang ditunjukkan pada gambar 4 dan 5, bahwa secara keseluruhan struktur mikro material pipa adalah ferrite perlite, tetapi dari ketiga sample uji terdapat perbedaan besar butir, terutama daerah lobang dan penipisan terdapat bentuk ukuran butir yang besar-besar dan daerah lasan dan HAZ besar butir lebih halus rapat dan badat. Jika dihubungkan dengan hasil uji kekerasan material sebelumnya sangat jelas secara teoritis ukuran butir juga berperan terhadap nilai kekerasan material.

### 3. Pengujian Komposisi Kimia Material Pipa

Ditujukan untuk mengetahui kandungan unsur pembentuk material pipa yang tergolong pada baja karbon rendah, (A 135 ASTM Standar). Hasil pengujian kandungan kimia baja karbon tersebut dapat dilihat pada table 2 .

Table 2. Kandung Unsur Kimia Material

Pipa ASTM A135

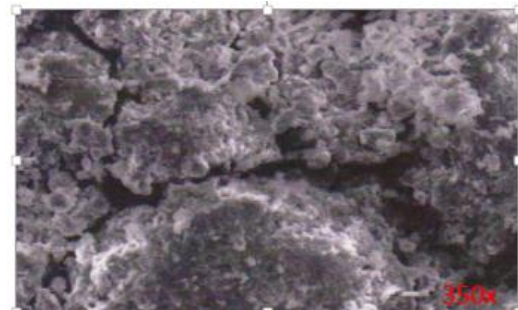
No Unsur	Unsur	%	No
1	C	0,075	11
W		0,005	
2	Si	0,007	12
Ti		0,002	
3	S	0,007	13
Sn		0,002	
4	P	0,013	14
Al		0,064	
5	Mn	0,384	15
Pb		0,016	

6	Ni	0,015	16
Nb		0,006	
7	Cr	0,025	17
Zr		0,005	
8	Mo	0,003	18
Zn		0,883	
9	V	0,003	19
Fe		98	
10	Cu	0,009	

Pada pengujian kimia material pipa seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. bahwa material pipa tergolong jenis baja karbon rendah dengan jumlah persentase carbon <3%, yaitu sebesar 0,077% .

### 4. Pengujian Fraktografi

pemeriksaan mikro fraktografi dilakukan dengan menggunakan scanning electron microscope (SEM). SEM yang dilengkapi dengan alat energy dispersive x-ray analyzer (EDAX) yang berfungsi untuk mengetahui komposisi deposit pada lokasi yang mengalami kerusakan. Foto hasil pengujian Edax ini dapat dilihat pada gambar 6 dengan perbesaran 350x.



Gambar 6. foto permukaan electron microscope

Hasil pengujian terhadap komposisi kimia produk korosi yang dilakukan pada tiga titik sample pipa, diperlihatkan dalam bentuk digital seperti pada tabel 3.

Dari hasil pemotretan kerak korosi seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 diatas dan komposisi kimia terkandung seperti yang ditunjukkan pada table 3 sangat jelas bahwa secara keseluruhan pipa sudah sangat rapuh dan berkarat, retak-retak pada kerak korosi diakibatkan pipa lebih sering bergesek dan bergetar dengan permukaan tanah sedangkan serangan

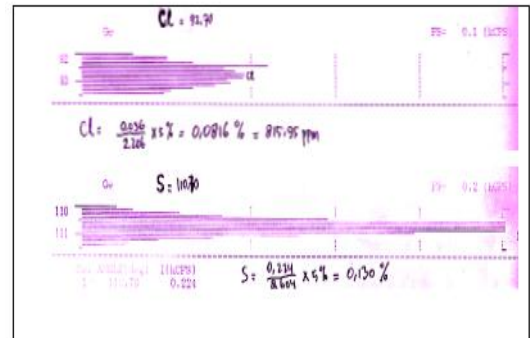


korosi terhadap material pipa diakibatkan tingginya kandungan garam Cl- sebesar 0,28 %. Dan unsur lain seperti sulfur, carbon dan oksigen. Tingginya kandungan sulfur sebesar 0,62% dikarenakan tumpahan minyak solar yang diketahui mengandung sulfur yang sangat tinggi yaitu sekitar 50% s/d 60%.

Table 3. Komoditi Baja Berkarat (SEM-EDS)

No	Spl 1 (150x)	%	Spl 2 (250x)	%	Spl 3 (350x)	%
1	Cl	0,27	Cl	0,24	Cl	0,23
2	Mg	0,41	Mg	0,16	Mg	0,53
3	Ti	0,41	Ti	0,51	Ti	0,55
4	S	0,62	S	0,63	S	0,64
5	Ca	1,07	Ca	0,77	Ca	0,9
6	Al	4,76	Al	3,76	Al	3,77
7	Zn	5,27	Zn	2,23	Zn	2,26
8	Si	6,24	Si	5,73	Si	5,57
9	Fe	19,83	Fe	11,5	Fe	12,34
10	O	24,05	O	31,33	O	34,1
11	C	37,08	C	43,14	C	39,13
	$\Sigma$	100		100		100

5. Pengujian Komposisi Kimia Tanah  
Ditujukan untuk mengetahui beberapa factor yang dominan mempengaruhi laju korosi. Pengujian dilakukan dengan alat energy ispersive x-ray analyzer (EDAX) yang berfungsi untuk mengetahui komposisi deposit pada lokasi yang mengalami kerusakan. Foto hasil pengujian Edax ini dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 7. Grafis analisa kualitatif kimia tanah

Pengujian kimia unsur tanah sekitar instalasi pipa membuktikan bahwa tingginya kandungan garam Cl- menunjukkan lingkungan tanah sangat mempengaruhi laju korosi pada pipa jenis material baja.

6. Pengembangan Disain Konstruksi Instalasi Pipa.  
Pengembangan disain dilakukan untuk memperbaiki konstruksi pipa dan mencegah kejadian serupa. Disain konstruksi yang direncanakan adalah dengan menggunakan tumpuan seperti terlihat pada gambar 8. Analisa teoritis mencakup 3 aspek, yaitu analisa mekanis beban aliran minyak solar terhadap kekuatan material pipa tumpuan, analisa ekonomis pada perawatan. Ketiga aspek tersebut harus saling mendukung sehingga suatu kajian analitis teoritis baru dapat diaplikasikan.

## Kesimpulan Dan Saran

### Kesimpulan

Pada akhirnya dapat diambil suatu kesimpulan yang menjelaskan terjadinya korosi pada pipa sebagai berikut :

Pipa mengalami kebocoran pada posisi jam 6 dimana pipa bersentuhan dengan permukaan tanah yang lembab. Pipa dengan lapisan galvanis mengalami penggoresan akibat bergesekan dengan permukaan tanah, karena pipa berada pada area yang basah dan korosif, terutama ion Cl- dan dikenal sebagai atom yang dapat memacu laju korosi lebih cepat. Kandungan sulfur dalam minyak solar yang tumpah dan bercampur air memperburuk kondisi pipa sehingga lobang yang terbentuk menjadi lebih besar.

### **Saran**

Bedasarkan kasus yang terjadi pada instalasi pipa distribusi minyak solar yang mengalami kebocoran akibat serangan korosi, maka beberapa langkah yang dapat diambil, guna mencegah terjadinya kejadian serupa adalah sebagai berikut :

1. Hindari instalasi pipa pada tempat yang sering dilalui orang, atau berikan tanda peringatan untuk tidak melalui area tersebut.
2. Untuk lebih amannya permukaan pipa sebaiknya dilapisi dengan cat, guna menambah ketahanan bahan lapisan pelindung pipa supaya tidak kontak dengan air dan udara sekitar.
3. Untuk memaksimalkan pemakaian pipa dan terhindar dari kasus seperti uraian pada hasil uji dan pembahasan diatas maka diperlukan sekali suatu pengembangan disain konstruksi yang aman terhadap beban teknis, seperti getaran yang menimbulkan goresan pada permukaan pipa. Sistem tumpuan dihitung berdasarkan nilai tegangan ijin dan defleksi ijin material yang digunakan

- [9]. Khurmi, R.S. (2004) A text book of machine design. S.I. Units. New Delhi : Eurasia Publishing House (Pvt) LTD.

### **Daftar Pustaka**

- [1]. American Society of Material, handbook Vol 13, Corrosion, 1990.
- [2]. William D. Callister, Jr. Fundamentals of Materials Science and Engineering, Fifth Edition, Salt Lake City, Utah August 2000
- [3]. Kalpakjian • Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, 2001 Prentice-Hall
- [4]. American Society of mechanical engineers, januari 1998
- [5]. by Rajiv Asthana, Ashok Kumar, Narendra B. Dahotre, Materials Processing and Manufacturing Science, Elsevier Science & Technology Books, May 2005
- [6]. George E, Dieter, Matalurgi Mekanik, Edisi Ke 3, University Of Maryland, 1988
- [7]. Raswari, Teknologi dan Perencanaan System Perpipa, Universitas Indonesia, 1986.
- [8]. Sam Kannappan, P.E, Introduction To Pipe Stress Analysis, Knoxville, Tennessee, Desember 1985